

PDH6-174943

File: Dec. 4, 1992
Priority:

Disclos. : Jun. 24, '94
Examination: Not req.

Assign. : TOSHIBA

1 Claim

Title: Optical Fiber Mount

Fig. 6, 7 show one existing way to fix the optical fiber (OF) without optical monitoring. This way is especially good for making OF array module and position accuracy of OF is maintained by the touching of OF to the V-groove of holder 1.

8: adhesive 9: pushing plate

But absolute accuracy of position of OF in this way is not so good by various reasons.

Look at Fig. 1, 2, 3 showing embodiment 1. The invention proposes the way where some solder 2 having elasticity and stability is between OFs and holder 1, and position incl. height of OF is controlled by the tool 5.

Look at Fig. 4, 5 showing embodiment 2, where tool 5 control only height of OFs, and lateral position is controlled by the grooves at the holder 1.

度が低下するため、比較的簡単に選択エッチングができる。その後、第1の実施例と同様に固定防止膜6を形成すればよい。

【0030】このように本実施例では、研磨加工を注意深く行うことで装着位置高さの設定ができ、第1の実施例のようにV溝を用いる場合より設定精度の向上が容易になる。また、アレイ化光ファイバの実装において、第1の実施例ではV溝のピッチが微妙に異なるとそれがそのまま装着高さの設定誤差や偏差につながるが、図5に示すようにこの実施例では、光ファイバ3の配列ピッチが装着ホルダ1側でのみ決められるため、このような誤差や偏差が生じない特徴を持っている。

【0031】なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。実施例では光ファイバに金属コートをしたが、金属コートなしでも光ファイバを装着ホルダの溝に固定できる場合は、金属コートを省略することができる。さらに、光ファイバ固定材料は半田に限るものではなく、機械的保持特性に優れる塑成材料であればよい。

【0032】また、第2の実施例において、例えば250 μ mピッチの光ファイバアレイを128本装着すると、装着治具5が32mmに渡るブリッジとなり、装着治具の挟みが問題となる。このため、装着する光ファイバの本数が多くなる場合、各光ファイバ毎、又は数本おきに高さ基準部(5b)を設ければよく、250 μ m程度の間隔の場合では各光ファイバ毎に高さ基準部(5b)を設けることも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、機械的な位置合わせだけで光ファイバの装着がシングルモ

ードファイバに対しても対応可能になり、また多数の光ファイバを同時装着できるため製造工程と製造時間の大幅な短縮が可能になり、さらにアレイ化モジュールの製造が容易になる利点がある。これにより、光通信用光伝送モジュールや光スイッチモジュール等、光ファイバ結合が必要なモジュールの大量生産と大幅な低コスト化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係わる光ファイバ装着ホルダ及び装着高さ規定のための装着治具の構成を示す概略断面図。

【図2】第1の実施例における光ファイバ装着方法を説明するための工程断面図。

【図3】第1の実施例における光ファイバの装着状況を説明するための構成断面図。

【図4】第2の実施例における光ファイバ装着治具を説明するための構成断面図。

【図5】第2の実施例における光ファイバ装着体を説明するための構成断面図。

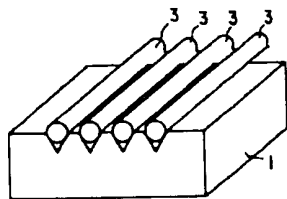
【図6】従来の光ファイバ装着体の構成を示す斜視図。

【図7】従来の光ファイバ装着治具及び装着方法を説明するための構成断面図。

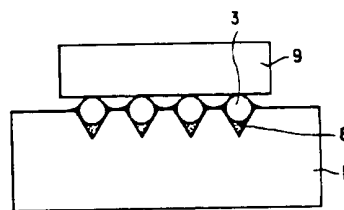
【符号の説明】

- 1…装着ホルダ
- 2…半田(光ファイバ固定材料)
- 3…光ファイバ
- 3'…光ファイバコア
- 4…光ファイバの外囲コート(金属コート)
- 5…高さ規定装着治具
- 6…固定防止膜
- 7…加圧治具

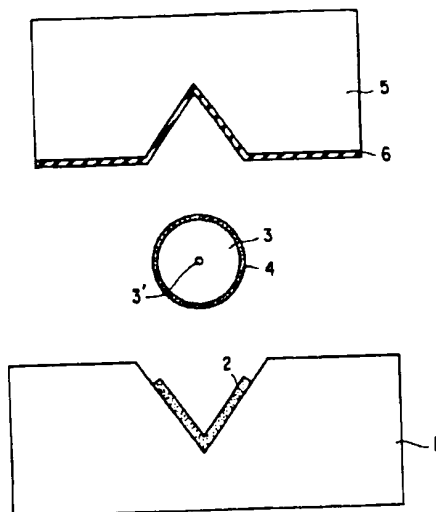
【図6】



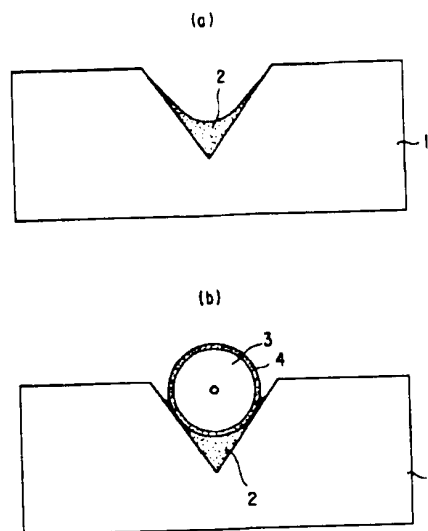
【図7】



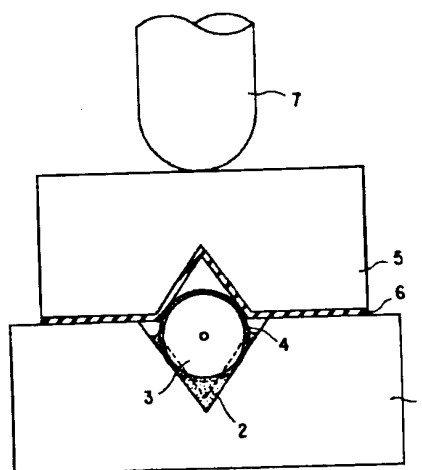
【図1】



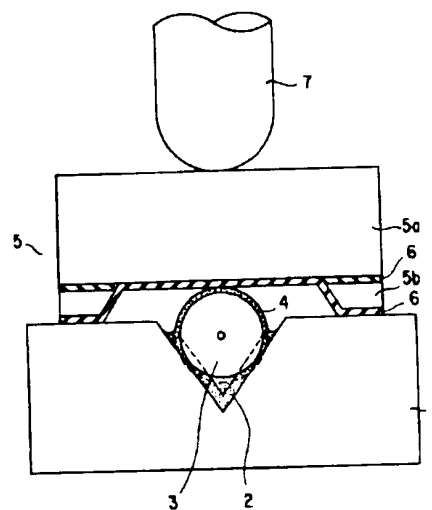
【図2】



【図3】



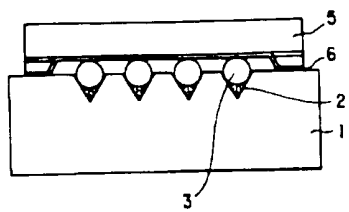
【図4】



(7)

特開平 6-174943

【図5】



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-174943

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/00	3 3 6	6920-2K	
	6/30		7132-2K	
	6/42		7132-2K	

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-325210
(22)出願日 平成4年(1992)12月4日

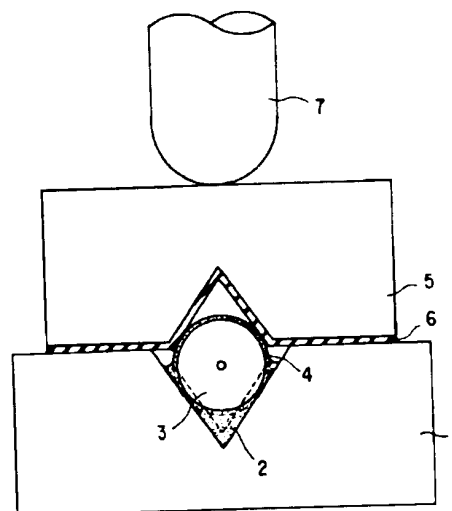
(71)出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72)発明者 古山 英人
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 光ファイバ装着体

(57)【要約】

【目的】 機械的な組み立てのみにより装着ホルダに対する絶対的な位置調整を高精度に行うことができ、光ファイバを用いた各種モジュールの生産性を高めると共に、製造コストの低減とアレイ化モジュールの製造を容易にすることのできる光ファイバ装着方法を提供すること。

【構成】 装着ホルダ1の表面に形成された溝に光ファイバ3を位置決め固定する光ファイバ装着方法において、光ファイバ3の周面に金属コート4を施したのち、装着ホルダ1の表面に接する基準面と該基準面より所定の深さに光ファイバ接触部を有する溝が形成された装着治具5を用い、装着ホルダ1の溝内に半田材料2を被着した状態で、光ファイバ3を装着ホルダ1側に押圧して位置決めすることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】主面に溝が形成された装着ホルダと、この装着ホルダの溝に位置決め固定された光ファイバとを備え、前記光ファイバの前記装着ホルダへの固定が塑成材料により行われ、かつ前記光ファイバが前記装着ホルダに直接接していないことを特徴とする光ファイバ装着体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバの位置合わせを機械的に行った光ファイバ装着体に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信の光伝送モジュールや光スイッチモジュール等においては、半導体レーザ等の光半導体素子や光導波路を光ファイバに光結合させることが必要であり、このための光軸調整方法及び光ファイバ固定方法について、これまで多くの提案がなされている。

【0003】従来の光軸調整及び光ファイバの固定方法は、大部分のものが実際に光を通過させて光結合の最大値が得られるように光軸調整し、その後それぞれの部品を何等かの手段で固定していく手法である。これらの方法は、既に実際の製品製造工程において用いられているが、微妙な位置調整を行うため光軸調整にかなりの熟練と時間を要し、また部品固定時に歪みや応力によって光軸が変動するため、光軸調整に長い工程時間をかけても不良品が発生する等の問題を持っていた。つまり、製造工程時間が長いと製造そのもののコストが高く、また不良品が発生した際の損失が材料コストよりも大きくなって、これが更にコストを引き上げる要因となっていた。

【0004】このような光学的モニタを行うような方法の他の問題として、光ファイバがアレイ化された場合に製造の困難さが増し、歩留りが単線の場合のアレイ数乗倍に下がるという問題がある。このため、製造コストが大幅に高騰化するばかりか、アレイの数によっては製品製造がかなり困難になる場合がある。

【0005】一方で、光ファイバの装着を光学的なモニタを用いずに行う方法も提案されている。例えば、光ファイバを機械的な嵌め込みで取り付け、機械的な加工寸法精度で位置調整する方法がある。この方法では、機械的な部品取り付けで装着及び組み立てが可能である。また、基本的に多数の光ファイバを同時に装着することができるため、光学的モニタを行う方法に比べて大幅に製造工程と製造時間を短縮でき、不良品が発生した際の損失が殆ど材料的なコストによって決まるようになる。この方法は、特にアレイの光ファイバを装着するのに効果的であり、図6にその従来例を示す。

【0006】図6において、1は装着ホルダ、3は光ファイバであり、装着ホルダ1は例えばSi基板に異方性ケミカルエッチングを施してV溝を形成することによ

て作成される。このとき、ケミカルエッチングのマスクを半導体プロセスと同様なフォトリソグラフィで形成すれば、1 μ m程度の精度で加工でき、しかも一度に多数の装着ホルダ1を作成することができる。この方法は、原理的に高精度の光ファイバ装着が可能であり、装着の方法は例えば図7のように行われる。

【0007】図7において、8は装着のための接着材料であり、例えば紫外線硬化の樹脂接着剤が用いられる。また、9は装着のための抑え板であり、各光ファイバ3が均等にホルダ1に押し付けられるように平坦なSi板等が用いられる。この方法により装着された光ファイバ3は機械的に位置合わせが行われており、特に光ファイバ3の配列精度（装着ピッチ）は非常に精度の優れたものとなる。

【0008】しかしながら、光ファイバを機械的な嵌め込みで取り付けける方法では、実際には光ファイバの配列精度、即ち相対的位置精度は高いものの、光ファイバの絶対的位置精度が必ずしも確保されていないという問題があった。

【0009】まず、従来の光ファイバ装着体は、装着ホルダの溝に接することで光ファイバ位置決めを行っており、従って従来の装着ホルダは、非常に緻密な表面状態が実現されなければならない、その加工法もおよそ限定されていた。また、従来の光ファイバ装着のための治具は、図7に示したように単に押さえ付けるだけの機能であり、装着ホルダの溝に対して光ファイバを押し込むことはできるが、溝のどの位置に装着するか制御することはできない。つまり、装着ホルダの溝加工精度に関して受け身的であり、装着治具側では溝の深さ精度に対して何等補正手段を取ることができず、外的な圧力や圧力印加角度等を如何に変えようともこれを補正させることができなかった。さらに、装着治具表面に光ファイバの固定材料が触れると装着治具自身が固定されることがあり、固定材料の使用分量を適切に保つことが必要なだけでなく、偶発的に固定材料が接した場合に装置を停止しなければならないと共に、装着治具を交換調整し直すことが必要であった。

【0010】一方、製造方法として、同一装着ホルダ内の光ファイバ装着条件は同時装着によりほぼ同等であるが、複数の装着ホルダ間の装着条件は必ずしも一致しておらず、装着時の接着剤分量や硬化条件、抑え板の加圧状態等により微妙に変化する問題があった。一般的に光ファイバは数10cmの余長をつけることが多く、この光ファイバ余長の保持方法や光ファイバ製造時の巻癖方向の違いも装着条件の変動に影響している。また、光ファイバ固定を半田等の金属で行う場合、半田等の形成厚さや光ファイバへの金属コート厚さが分散を持ち易く、装着ホルダの加工状態が殆ど同等でかつ同一の加圧条件で装着した場合においても、装着ホルダ間の偏差が大きくなり易かった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の機械的嵌め込みによる装着技術においては、V溝中の光ファイバの位置が装着ホルダ毎に相対偏差を持っており、装着ホルダ間の偏差を数 μm 以下に制御することが困難であった。この相対偏差は、コア径の大きなマルチモードファイバに対してはさほど問題とならないが、シングルモードファイバではコア径が $10\mu\text{m}$ 程度と小さく、許容位置ずれが $1\sim 2\mu\text{m}$ 以下と厳しいため問題となり易い。つまり、機械的な組み立てのみによって装着ホルダに対する絶対的な位置調整を高精度に行うことは困難であった。

【0012】本発明は、上記の事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、機械的な組み立てのみにより装着ホルダに対する絶対的な位置調整を高精度に行うことができ、光ファイバを用いた各種モジュールの生産性を高めると共に、製造コストの低減とアレイ化モジュールの製造を容易にすることのできる光ファイバ装着体を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明では、次のような構成を採用している。即ち本発明は、主面に溝が形成された装着ホルダと、この装着ホルダの溝に位置決め固定された光ファイバとを備えた光ファイバ装着体において、装着ホルダの表面状態により光ファイバ装着位置が大幅に変動しないよう装着ホルダに直接光ファイバを接触させず、表面形状に呼応して変形可能でかつ機械的保持特性に優れる塑成材料（一般には金属材料）を介して固定することを特徴としている。

【0014】また本発明は、装着ホルダの主面に形成された溝に光ファイバを位置決め固定するための光ファイバ装着治具において、装着ホルダの主面に接する基準面と該基準面より所定の深さに光ファイバ接触部を有する溝を形成し、光ファイバ装着高さの制御を可能にすると共に、光ファイバ固定材料で装着治具が光ファイバ及び装着ホルダに固定されないように、基準面及び光ファイバ接触部表面に光ファイバ固定材料に対して化合性又は接着性の弱い材料をコーティングしたことを特徴としている。

【0015】また本発明は、装着ホルダの主面に形成された溝に光ファイバを位置決め固定する光ファイバ装着方法において、装着ホルダの主面に接する基準面と該基準面より所定の深さに光ファイバ接触部を有する溝が形成された装着治具を用い、装着ホルダの溝内に光ファイバ固定材料を被着した状態で、光ファイバを装着ホルダ側に押圧して装着位置を規定化することを特徴としている。ここで、光ファイバ固定材料として塑成材料である金属を用いる場合、光ファイバに金属コーティングを施すことが望ましい。

【0016】

【作用】本発明によれば、装着ホルダの溝加工精度の如何に拘らず、装着治具により光ファイバの装着位置を規定することができるので、装着ホルダ間の光ファイバ装着位置相対偏差を大幅に減少できる。従って、機械的位置調整だけで光半導体素子や光導波路と光ファイバとの結合が高精度に行え、光通信用の光伝送モジュールや光スイッチモジュール等、光ファイバ結合が必要なモジュールの大量生産と大幅な低コスト化が可能になる。

【0017】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。ここでは、従来例と同様にV溝型の光ファイバ装着ホルダを例にとって説明するが、溝形状や装着ホルダの材質、加工方法等は必ずしも実施例に限定されるものではなく、また光ファイバの固定材料や固定材料の形成方法等についても同様に限定されるものではない。

【0018】図1は、本発明の第1の実施例に係わる光ファイバ装着ホルダ及び装着高さ規定のための装着治具の構成を示す概略断面図である。1は装着ホルダ、2は光ファイバ固定材料（半田）、3は光ファイバ、3'は光ファイバコア、4は光ファイバの外囲コート、5は高さ規定装着治具、6は装着治具5が光ファイバ3や装着ホルダ1に固定されないようにする固定防止膜である。

【0019】装着ホルダ1には、例えばSi基板にフォトリソグラフィとケミカルエッチングによりV溝を形成したものを用いる。装着治具5には、装着ホルダ1と同様にSi基板にフォトリソグラフィとケミカルエッチングによるV溝を形成したものを用いることができる。固定防止膜6には、例えば SiO_2 や Si_3N_4 等の誘電膜で、固定材料2に対して化合、接着等の起き易い材料を用いればよく、特に装着治具5の基体材料がSiの場合、Si表面を熱酸化した SiO_2 膜を用いることができる。

【0020】固定材料2に用いる金属半田としては、In, PbSn, AuSn等、比較的融点の低い材料が光ファイバへの歪みや応力を少なくできると言う点で適している。これらの材料は蒸着やメッキにより形成することができ、通常の半導体プロセスと同様にウェハ状態で同時に多数の装着ホルダに形成することができる。また、光ファイバ3の外囲コート4は半田材が馴染み易い金属でコーティングすることが望ましく、例えば無電界メッキ（通常光ファイバ）や電界メッキ（カーボンコート光ファイバ）によりNi, Cr等をコーティング、場合によりその上にAu等をコーティングして作成することができる。

【0021】例として、光ファイバ3の外径が $125\mu\text{m}$ の場合を説明する。光ファイバ3の周囲にNiを $1\mu\text{m}$ 、続いてAuを $5\mu\text{m}$ メッキコーティングしておく。この金属コーティングの厚さは、光ファイバ装着時の偏

差補正範囲を決める主要パラメータとなるため、従来方

法を用いた場合での装着位置偏差量より僅かに大きい値に設定しておく。装着ホルダ1として(100)面Si基板に熱酸化SiO₂膜200nmとSi₃N₄400nmを形成し、フォトリソグラフィによりマスク幅155μmの開口を形成して、KOH溶液を用いたV溝エッチングを行う。固定材料2としては、Sn組成比が20% (重量比) となるようAuとSnを多層蒸着、又は多層メッキし、幅がマスク幅で100μm、厚さ15μmとなるように形成する。

【0022】このとき、固定材料2の下地金属としてTi, Cr等の反応温度の高い金属を50nm程度形成しておくことで、半田の溶融合合(合金化)時にSiから半田が剥がれることを防止できる。また、半田金属を形成する領域以外の部分にSiO₂膜を形成しておくことで、半田の流出による損失を防ぐことができる。さらに、固定材料2は装着ホルダ1のV溝の全領域に形成する必要はなく、溝方向に対して断続的に形成しても構わない。半田を溝方向に対して断続的に形成する場合、光ファイバ装着強度はやや低下するものの、光ファイバ3にかかる応力を低減してクラック等の発生を防止することができる。

【0023】装着治具5は、光ファイバ外周コート4の上側に接触し、かつ光ファイバ外周コート4の下側と半田2の合金化が行われた状態で平坦領域(基準面)が装着ホルダ1の平坦部と接するよう、また光ファイバ3のコア3'が所定高さとなるよう設定しておく。一般的に装着ホルダ1と装着治具5の溝幅は異なるが、上記の数値例の場合では光ファイバ3のコア3'の高さが装着ホルダ1の表面とほぼ同じであり、必要な装着治具5の溝幅が装着ホルダ1とほぼ同じであるため、装着治具5を装着ホルダ1と同様に作成することができる。このとき、装着治具5のV溝エッチング時間を変えたものを作成しておくことにより、ケミカルエッチングのアンダーカットの進行により光ファイバ装着高さが少しずつ異なった治具を用意することもできる。

【0024】次に、この例を用いた光ファイバ装着手順を図2、図3に示す。まず、装着ホルダ1を脱酸素雰囲気(N₂, H₂, Ar等のガス中)で320℃の温度で加熱し、固定材料2のAuとSnを溶融してAuSn共晶半田化する。このとき、図2(a)に示すように、半田は重力と表面張力により装着ホルダ1のV溝の底部に集まり、V溝を埋めるように半田溜りを形成する。次いで、図2(b)に示すように、金属コートした光ファイバ3をV溝内に挿入するが、このとき半田との濡れが良くなるよう光ファイバ3に機械的な微動を加えてもよい。この後、光ファイバ3に機械的圧力を加えて位置を確定させるが、従来技術の項で説明したように単順に圧力を加えた場合、半田形成厚さや光ファイバ3の金属コート厚さの分散に起因して装着ホルダ1間で相対的な位置偏差を生じてしまう。

【0025】そこで本実施例では、図3に示すように高さ規定された装着治具5を用い、加圧治具7により機械的圧力を加えて光ファイバ3の位置偏差を抑制する。即ち、図2(b)の状態では装着治具5を光ファイバ3上に乗せ、図3に示すように装着治具5に機械的圧力を加えて光ファイバ3の位置を確定させる。この圧力印加により光ファイバ3は溶融半田の中に押し込まれ、光ファイバ外周コート4の金属(ここでは主にAu)が圧力変形又は半田と反応して合金化する。しかし、装着治具5の平坦部が装着ホルダ1の平坦部に接すると、光ファイバ3にかかる圧力が減ってその押し込まれが停止する。従って、本実施例では光ファイバ装着時の位置偏差が光ファイバの外周コート厚さ程度の範囲であれば吸収可能であり、同一の装着治具5を用いて光ファイバ3を装着する限り、複数の装着ホルダ1間でも装着条件はほぼ同じである。

【0026】この方法を用いた時の装着位置偏差の例としては、前述した金属コートの厚さをNiが1μm、Auが5μmとした場合で±1μm以下であり、シングルモードファイバに対しても十分に対応可能である。また、装着位置の絶対値に関しては装着治具5と装着ホルダ1の加工精度の組み合わせによって決まるため、前述した方法により装着治具5の寸法が異なるものを用意しておき、装着ホルダ1の加工状況に合わせて装着治具5を使い分ければよい。

【0027】このようにして完成した光ファイバ装着体は、装着ホルダ1の表面状態が多少荒れている場合においても、その平均的形状の中心付近に光ファイバ3が位置することになり、従って装着ホルダ1の加工法がかなり緩和されてくる。例えば、機械的切削加工や金型成型等の手法で作成しても、研磨仕上等の仕上工程が必ずしも必要なく、装着ホルダ1のコストを低減できるだけでなく、金型成型等の手法により形状の再現性を向上させることができる。

【0028】図4は、本発明の第2の実施例の構成断面図であり、図3に対応する構成で示している。この実施例の特徴は、装着位置の高さを規定するための装着治具の溝をV溝ではなく底の平坦な溝で形成したものであり、第1の実施例に比し装着位置高さの設定、即ち治具の高さ基準面から光ファイバ接触部までの深さ設定が容易になる利点を持っている。

【0029】本実施例の装着治具5の作成は、以下のように行う。まず、2枚のSi基板5a, 5bをSiO₂膜6'を介して張り合わせた、所謂Si直接接着基板の片側のSi基板5bを、所望の溝深さに相当する厚さになるまで研磨加工する。次いで、前述したようなフォトリソグラフィによるパターン形成を行って、Si基板5bを選択エッチングする。Siの選択エッチングは前述したKOH溶液によるケミカルエッチングでも可能であり、SiO₂膜6'に達すると急激にエッチング速

度が低下するため、比較的簡単に選択エッチングができる。その後、第1の実施例と同様に固定防止膜6を形成すればよい。

【0030】このように本実施例では、研磨加工を注意深く行うことで装着位置高さの設定ができ、第1の実施例のようにV溝を用いる場合より設定精度の向上が容易になる。また、アレイ化光ファイバの実装において、第1の実施例ではV溝のピッチが微妙に異なるとそれがそのまま装着高さの設定誤差や偏差につながるが、図5に示すようにこの実施例では、光ファイバ3の配列ピッチが装着ホルダ1側でのみ決められるため、このような誤差や偏差が生じない特徴を持っている。

【0031】なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。実施例では光ファイバに金属コートをしたが、金属コートなしでも光ファイバを装着ホルダの溝に固定できる場合は、金属コートを省略することができる。さらに、光ファイバ固定材料は半田に限るものではなく、機械的保持特性に優れる塑成材料であればよい。

【0032】また、第2の実施例において、例えば250 μ mピッチの光ファイバアレイを128本装着すると、装着治具5が32mmに渡るブリッジとなり、装着治具の撓みが問題となる。このため、装着する光ファイバの本数が多くなる場合、各光ファイバ毎、又は数本おきに高さ基準部(5b)を設ければよく、250 μ m程度の間隔の場合では各光ファイバ毎に高さ基準部(5b)を設けることも可能である。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、機械的な位置合わせだけで光ファイバの装着がシングルモ

ードファイバに対しても対応可能になり、また多数の光ファイバを同時装着できるため製造工程と製造時間の大幅な短縮が可能になり、さらにアレイ化モジュールの製造が容易になる利点がある。これにより、光通信用光伝送モジュールや光スイッチモジュール等、光ファイバ結合が必要なモジュールの大量生産と大幅な低コスト化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係わる光ファイバ装着ホルダ及び装着高さ規定のための装着治具の構成を示す概略断面図。

【図2】第1の実施例における光ファイバ装着方法を説明するための工程断面図。

【図3】第1の実施例における光ファイバの装着状況を説明するための構成断面図。

【図4】第2の実施例における光ファイバ装着治具を説明するための構成断面図。

【図5】第2の実施例における光ファイバ装着体を説明するための構成断面図。

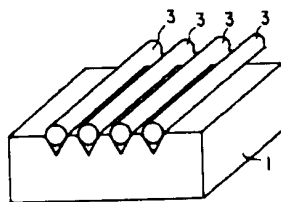
【図6】従来の光ファイバ装着体の構成を示す斜視図。

【図7】従来の光ファイバ装着治具及び装着方法を説明するための構成断面図。

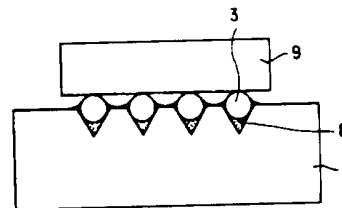
【符号の説明】

- 1…装着ホルダ
- 2…半田(光ファイバ固定材料)
- 3…光ファイバ
- 3'…光ファイバコア
- 4…光ファイバの外囲コート(金属コート)
- 5…高さ規定装着治具
- 6…固定防止膜
- 7…加圧治具

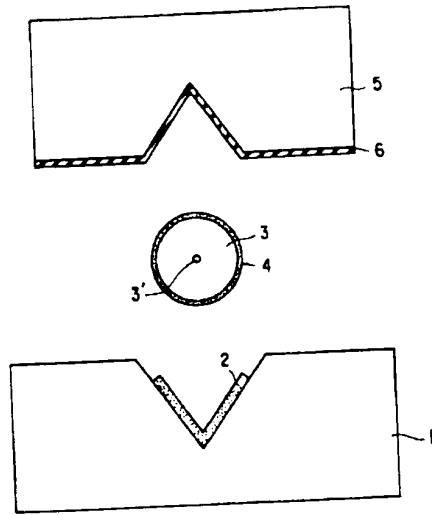
【図6】



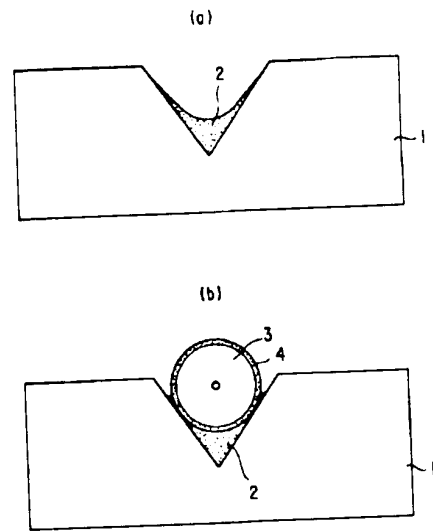
【図7】



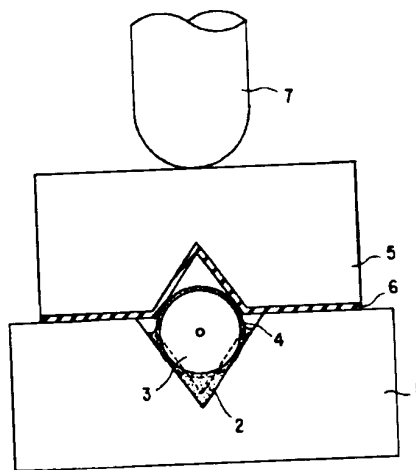
【図1】



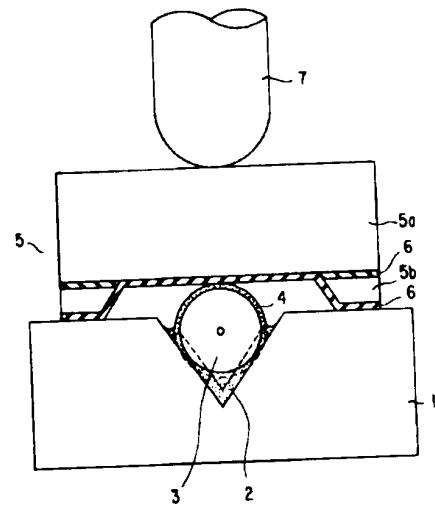
【図2】



【図3】



【図4】



(7)

【図5】

